

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GRAFIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

Adriana Jakovljević



Sveučilište u Zagrebu



Grafički fakultet

Smjer: Dizajn grafičkih proizvoda

ZAVRŠNI RAD

KOLORIMETRIJSKE TOLERANCIJE EUROPSKIH I DOMAĆIH BRENDOVA

Mentor:

prof. Igor Zjakić

Studentica:

Adriana Jakovljević

Zagreb, 2017.

SAŽETAK

Živimo u društvu kojemu je vid najrazvijenije osjetilo i gdje se većina poruka prenosi vizualno. Zbog toga se i marketing prilikom oglašavanja također najviše oslanja na vid. U našem potrošačkom društvu vrlo važan element svakog proizvoda je njegov vizualni identitet, a najznačajniji element vizualnog identiteta je boja. Pri odabiru boje treba paziti na uočljivost, ali i diferencijaciju budućeg proizvoda. Nakon toga još složeniji zadatak je tu boju uvijek jednako reproducirati na svim medijima i materijalima. Boju možemo kolorimetrijskim metodama objektivno opisati, ali potrošači boju vide subjektivno kao psihofizički podražaj. Dolazimo do problema kako tu boju otiskivati na različitim površinama, a da ona uvijek izgleda identično i da uvijek asocira na brand kojeg zastupa. Sa stajališta kontrole kvalitete u grafičkoj tehnologiji, kolorimetrijska razlika opisuje kvalitetu reprodukcije, odnosno pokazuje odstupanje reprodukcije od originala. Spomenuta odstupanja dovode do određenih kolorimetrijskih tolerancija koja dopuštaju različiti brandovi. Upotrebom raznih mjernih uređaja, primjerice kolorimetra, boja se izmjeri zatim brojčano opiše. Prikazuje se u sustavima za prikaz boja (objektivni sustavi bazirani na CIE zakonitostima CIE XYZ, CIE LAB, CIE LUV), od kojih je CIELAB sustav prostor boja temeljen na objektivnom vrednovanju boja i koji je najbliži vizualnoj percepciji. Zbog subjektivnog načina percipiranja boja kod ljudi, ova tematika dotiče i psihologiju boja.

Ključne riječi: boja, kvaliteta, kolorimetrija, brand, psihologija

We live in a society where vision is the most developed sense through which most messages are transferred. Therefore, marketing is heavily relying on the aspect of vision while advertising. In consumer society a very important element of every product is its visual identity and the most important element of a visual identity is color. When choosing a color, attention should be given to obviousness and differentiation of the future product. After that, an even more complex task is to evenly reproduce that color onto every media and material. Color can be objectively described with colorimetric methods but consumers see colors as a psychophysical stimulus. Therefore we are facing a problem how to print that color on different materials to always get an identical look so it can be associated with the brand. From a viewpoint of graphic technology quality control, colorimetric subtraction describes reproduction quality and the deviation between reproduction and the original. Mentioned deviations lead to specific colorimetric tolerances which are allowed by different brands. Using different measuring devices, for example colorimeter, color is measured and afterwards numerically described. It is shown in systems for color display (objective systems are based on CIE legalities CIE XYZ, CIE LAB, CIE LUV), from which CIE LAB system scope is based on objective color evaluation and is closest to visual perception. People perceive colors subjectively, therefore this topic is associated with color psychology.

Keywords: color, quality, colorimetry, brand, psychology

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Boja	2
2.1. Nastanak i opažanje boje	2
2.2. Fizikalni aspekt boje	3
2.3. Fiziološki aspekt boje	3
2.4. Boja kao dio vizualnog identiteta brenda	4
3. Sustavi boja	6
3.1. Povijesni razvoj sustava boja	6
3.2. Moderni sustavi boja	8
3.2.1. Sustavi bazirani na psihološkim atributima boje	8
3.2.2. Sustavi bazirani na miješanju boje svjetla i pigmenata	9
3.2.3. Sustavi bazirani na CIE zakonitostima	11
3.2.3.A CIE xyz	11
3.2.3.B CIE Lab.....	12
3.2.3.C CIE LCh	14
4. Kolorimetrija	15
4.1. Denzitometar	15
4.2. Kolorimetar	15
4.3. Spektrofotometar	16
5. Praktični dio	17
6. Zaključak	26
7. Literatura	27

1. UVOD

Svakodnevno smo okruženi bojama. Svatko od nas boje vidi različito, jednu boju dva čovjeka ne moraju jednako vidjeti, odnosno isto doživjeti. „*Kad netko kaže 'crveno' i pedeset ga ljudi sluša, vjerojatno je da će se pedeset crvenih boja pojaviti u njihovim glavama. I možemo biti sigurni da će sve te crvene boje biti veoma različite...*“¹ Osim ovoga subjektivnog razloga, različitom viđenju boje mogu doprinijeti i objektivni razlozi. Primjerice nedovoljno kvalitetna reprodukcija boje na različitim podlogama. Ova problematika je posebno bitna velikim kompanijama i njihovim brandovima, jer se čovjeku kao osjetilnom biću koje 80-90% informacija prima vidom najlakše mogu predstaviti upravo zaštitnom bojom tvrtke. Bitno je da tu boju potrošači uvijek percipiraju jednako zbog asociranja na brend. Ovaj rad proučava upravo navedene pojave. Prikupit će se uzorci na različitim materijalima na kojima je reproducirana boja, obaviti će se mjerenje i brojčano opisivanje boja, a sve u svrhu određivanja kolorimetrijskih odstupanja koja dopuštaju i toleriraju pojedine tvrtke.

¹ Interaction of Color (Josef Albers)

2. BOJA

Znanost o bojama je interdisciplinarno i složeno područje koje obuhvaća više drugih znanosti, poput fizike, kemije, fiziologije, psihologije, sociologije i ostalih.

Kada želimo definirati boju, to možemo učiniti na dva bitno različita načina. Prvi način boju definira u materijalnom smislu. Odnosi se na tvar koja nosi i omogućuje obojenje nekih podloga. Kada obojava tiskovne podloge, govorimo o tiskarskoj boji, a definiramo ju kao složeni koloidni ili molekularni disperzni sustav, a nazivamo ju imenom pojedinih pigmenata. Drugi način definiranja boja tiče se njezine apstraktne naravi, a kaže kako je boja psihofizički doživljaj (fizika, psihologija) koji nastaje zahvaljujući osjetilu vida (fiziologija). Kako se definiranje boje preklapa u različitim područjima, niže u tekstu se zasebno objašnjava svako područje.

Boju pripisujemo površinama objekata, materijalima, svjetlosnim izvorima, itd. ovisno o njihovim svojstvima apsorpcije, refleksije ili emisije svjetlosnog spektra. U vremenu multimedijskog komuniciranja, boje su našle svoje mjesto u kompjuterskom sustavu, a bazirana je na CIE sustavu. Upravo zbog toga, mjerenja će se izvoditi u okvirima i parametrima CIE sustava.

2.1. Nastanak i opažanje boje

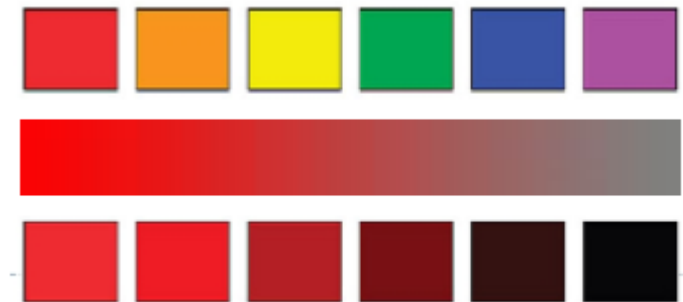
Boja zavisi od fiziološkog te od različitih psiholoških faktora, a za doživljaj boje potrebna su tri faktora:

1. Izvor svjetla (potreban za pobuđivanje osjeta vida)
2. Osjet vida gledatelja (čovjek i njegov vizualni sustav)
3. Objekt

Izvor svjetla potreban je za pobuđivanje osjetila vida, a osjet vida se temelji na vizualnom sustavu čovjeka (oči). Objekt kojeg čovjek promatra ima različite osobine, poput različitog moduliranja svjetlosti - svojstvo apsorpcije,

refleksije i transmisije svjetla. Ukoliko izostane bilo koji od ovih osnovnih preduvjeta, nema doživljaja boje.

Kako bi lakše definirali i promatrali boje, trebamo poznavati tri parametra: ton, zasićenje i svjetlina. Viđenje boje izaziva elektromagnetsko zračenje, a u ovisnosti o dominantnoj valnoj duljini raspoznavamo ton boje. Zasićenje predstavlja stupanj razlike između čiste boje i sivoga (grayscale), tj. udio čiste boje sadržane u ukupnom vizualnom doživljaju boje. Svjetlina je definirana udjelom crne u nekom tonu boje.



Slika 1.: Ton, zasićenje i svjetlina boje
(Izvor: Anita Grbavac Jakobović - Sustavi boja i kolorimetrija)

2.2. Fizikalni aspekt boje

Fizički definirano, boja je stimulus, odnosno podražaj, kojeg izaziva elektromagnetsko zračenje valne duljine od 380 do 750 nanometara. To zračenje nazivamo svjetlost, a percipiraju je receptori na mrežnici oka. Svjetlost nastaje u različitim izvorima, koji mogu biti izravni i neizravni.

2.3. Fiziološki aspekt boje

Oko prihvaća reflektirano svjetlo. Elektromagnetski impuls reflektiranog svjetla dolazi do ljudskog oka i dalje se prenosi u receptore u mozgu čija je funkcija stvaranje boja. U oku postoje 2 vrste fotoosjetljivih elemenata: štapići - na vanjskom rubu mrežnice osjetljivi na niske svjetlosne razine odgovorni za svjetlinu boje, i čunjići- odgovorni za ton boje. Herrinogva teorija ili teorija

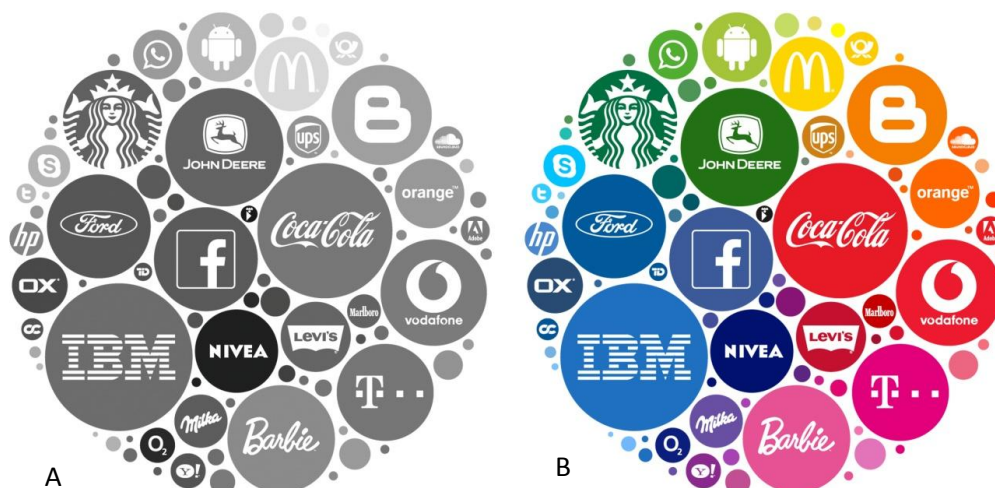
suprotnih procesa pretpostavlja da čunjići nisu osjetljivi na tri kromatska područja: crveno, plavo i zeleno, već na signal suprotnih parova (komplementarni parovi). To nam pomaže razumjeti rezultate testiranja koja su pokazala da je najčešći defekt osjećaja prema boji na parovima suprotnih boja. Drugi (rjeđi) nedostatak osjeta boje je daltonizam – potpuna sljepoća na boje. Opširnije o vidu i poremećajima vida dostupno je na <https://hr.wikipedia.org/wiki/Vid>.

2.4. Boja kao dio vizualnog identiteta branda

*Brand*² (ime, oznaka) je nematerijalan dio svake tvrtke, koji treba način da se predstavi potrošačima, a vizualni identitet je metaforički rečeno „lice“ branda. Brand je nazočan u podsvijesti potrošača, a dobro razrađen i izgrađen vizualni identitet poboljšat će tu nazočnost, povjerenje i prepoznavanje, tzv. "brand awareness".

Društvo i kultura su kroz povijest uvijek naginjali vizualnom, od prvih spiljskih crteža, preko umjetnosti i pisma, do razvoja modernih grafičkih komunikacija, novina, časopisa i naposljetku interneta. Današnje društvo razvilo se u ponajviše vizualno društvo, a vid je postao dominantno i najrazvijenije čovjekovo čulo. Razvojem potrošačkog društva javila se potreba za sve većom diferencijacijom proizvoda u svrhu boljeg privlačenja kupaca. Tada marketing i oglašavanje preuzimaju glavnu ulogu u tom procesu. Oglašavanje se tradicijski najviše oslanja na osjetilo vida, iako se u novije vrijeme počinju otkrivati prednosti korištenja ostalih čula. Unatoč tomu, vid i vizualni stimulus su još uvijek neizostavni, a višečulno oglašavanje ne može ni u kojem slučaju funkcionirati bez stimuliranja osjetila vida. Jednako tako, proizvod ne može funkcionirati bez vizualnog identiteta, a možemo smatrati da je najbitniji dio vizualnog identiteta upravo boja. Tome je tako jer boja najjednostavnije, najlakše i najbrže prenosi informacije i potiče kupca na odluku.

² Opširnije: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Brand>



Slika 2.: Test brand awareness-a

(Izvor: Young Marketing Consulting)

Percipiranje boja je čovjeku toliko elementarno i svakodnevno, a tu pretpostavku, ali i to da čovjek pamti i povezuje boju brenda dokazati ćemo malim testom. Pogledajte na sliku 1., dio A. Svatko od nas (pri pogledu na sliku A, bez obzira što je ona crno-bijela) nesvjesno će u glavi povezati zaštitni znak brandova sa zaštitnom bojom branda. Velikoj većini ljudi u glavi će se pojaviti boje i asocijacije na brand, te će većina znati koja boja ga zastupa. I većina ljudi bi s velikom točnošću odredila boje, kao što je to na dijelu B.

Budući da je boja među glavnim elementima vizualnog identiteta, koja stvara prvi dojam o proizvodu, taj dojam mora biti pozitivan i mora odražavati stavove tvrtke. Pretpostavlja se da se 60% odluka o kupnji temelji na boji. Ona izaziva emocije i asocijacije te izražava osobnost branda. Odabir boje koja će funkcionirati za određeni brand zahtijeva jasnu viziju o tome kako brand treba izgledati i koju poruku treba nositi. Povrh toga zahtijeva dobro poznavanje psihologije boja kako bismo prenijeli pravu poruku. Psihologija boja pojašnjava značenja te konotacije pojedinih boja u određenoj kulturi.

3. SUSTAVI BOJA

Da bi se uredio prostor boje, najprije se mora izvršiti merenje boja. Pošto se boja „događa“ samo u umu promatrača, ona se ne može izmjeriti, ali može se izmjeriti stimulus. Nakon toga se izvodi zaključak o tome podražaju koji izaziva boja. Temelj prostora boja predstavlja dovođenje u vezu izmjerene svijetlosti sa ljudskom percepcijom. Boja na čovjeka ne ostavlja samo estetski utisak, već u velikoj mjeri može utjecati i utječe na njegovo psihološko stanje. Opisivanje doživljaja boje mora da uključi i unutrašnju percepciju boje, osim vanjskog svjetlosnog podražaja. Svaki od njih zahtijeva posebnu metodu za opis.

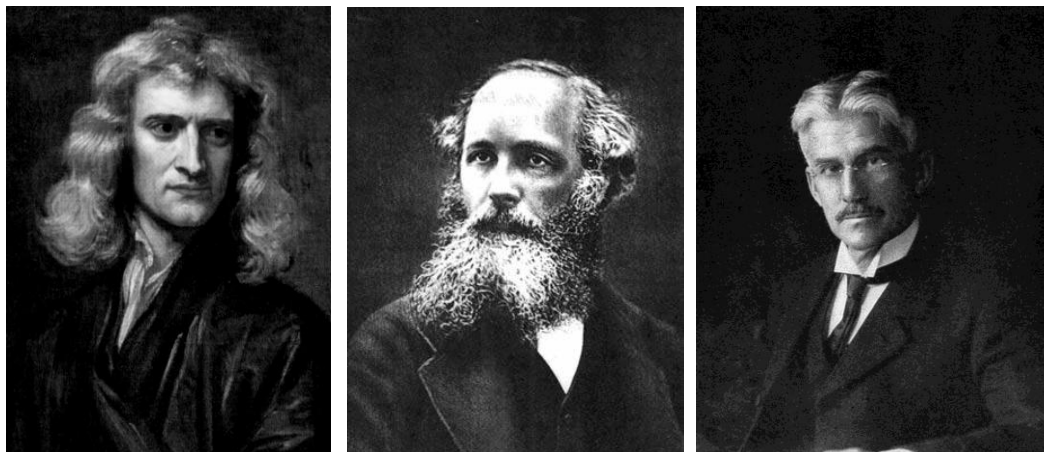
3.1. Povijesni razvoj sustava boja

Boja je izazivala zanimanje u različitim područjima još od doba antičke Grčke. Mnogi znanstvenici i umjetnici pokušali su definirati i objasniti fenomen boje. Iznenađujuće je shvatiti kako su različiti ljudi u ranije vreme doživljavali boju i razmišljali o njoj. Razmišljanje o bojama je dovelo do potrebe raspoređivanja doživljaja boja i dovođenja u red njihove raznovrsnosti. Obzirom da je sistematično uređenje opažanja boja relativno apstraktno, s puno zabuna je pokušano tijekom povijesti, a slijedi kratki pregled bitnijih istraživača.

Francis de Aguilon 1613. godine je postavio odnosni dijagram u kojem je izrazio klasične ideje svih boja koje su stvorene od bijele i crne. Danas ova teorija zvuči pomalo apsurdno, s obzirom da crnu i bijelu smatramo nebojama, odnosno akromatskim bojama.

Isaac Newton (1642. - 1727.), veliki matematičar i fizičar, koji je proučavajući lom svjetlosti kroz staklenu prizmu, zaključio da se bijela svjetlost sastoji od zraka različitog indeksa loma i da je boja prolazne svjetlosti svojstvo koje dolazi od loma svjetlosti kroz tvar. Pustivši spektralno rastavljenu svjetlost kroz prizmu, izveo je ključni pokus koji je pokazao da se ona dalje više ne može

rastaviti. Newton je razvio korpuskularnu (čestičnu) teoriju svjetlosti. Njegovo značajno djelo je Nova teorija svjetla i boja (eng. *New Theory about Light and Colour*), poznato i pod nazivom Optika (eng. *Opticks*)., objavljeno 1672.



Slika 3.: Najveći znanstvenici na području kolorimetrije;

Newton, Maxwell i Munsell

(Izvor: Wikipedia; Biography Online; Wikipedia)

Moses Harris (1731. – 1785.) je predstavio dva kruga. Jedan je bio zasnovan na primarnim bojama: žutoj, crvenoj i plavoj, a drugi je u osnovi imao sintezu sekundarnih boja: narančaste, zelene i ljubičaste. Postojalo je 18 tonova na kružnici i svaki ton je prikazan u 20 gradacija.

Tobias Mayer (1723. – 1762.), njemački geograf, astronom i fizičar je razmišljao na način da postoje tri primarne kromatske boje, a ostale boje se mogu dobiti mješanjem te tri. On je zaključio da postoji 12 koraka između primarnih boja i isto toliko koraka od centralne osi prema bijeloj i crnoj. On je označio primarne boje sa r, g, i b.

Johann Heinrich Lambert (1728. – 1777.), matematičar, fizičar i astronom, je koristio Mayerovu teoriju za svoj sustav boja. On je također koristio mješanje boja i istu identifikacijsku shemu. Lambert je koristio sustav definiranja pravaca na kompasu i tako je svaka boja imala svoj stupanj.

Johan Wolfgang von Goethe (1749. – 1832.) je postavio Newtonovu teoriju na nov način. Definirao je boju kao isključivo fizikalnu veličinu, kao reflektirani dio svjetla koji u našem oku stvara boju. On nadopunjuje Newtona, u smislu da je boja psiho-fizički, subjektivni i individualni doživljaj promatrača, te da slika ovisi kako o predmetu tako i o doživljaju promatrača.

James Clerk Maxwell (1831.–1879.), škotski fizičar, je opisao mješanje boja jednakostraničnim trokutom. Po njegovoj teoriji je svaki spektar zraka sposoban da stimulira sva tri osjećaja boje u različitim stupnjevima. Svaka od boja se može predstaviti sa ovim jednakokrakim trokutom proporcionalnim dodavanjem određene količine crvene, plave i zelene, a u sredini se nalazi bijela boja. Aditivnim mješanjem ove tri boje dobivaju se sekundarne boje, a mješanjem sa bijelom bojom dobiju se svijetliji tonovi svih boja.

Albert H. Munsell (1858. – 1918.), američki umjetnik, je početkom dvadesetog stoljeća konstruirao kuglu uspostavljajući razlikovanje triju dimenzija boja: kromatsku (hue), svjetlinu (value) i zasićenost ili intenzitet (chroma ili saturation), time počinje tzv. kolorimetrija.

3.2. Moderni sustavi boja

Iz potrebe za vrjednovanjem odnosa među bojama nastali su sustavi za prikaz boja. Osnovna podjela sustava je na sustave bazirane na psihološkim atributima boje (intuitivni), bazirane na miješanju boje i svjetla te objektivni sustavi bazirani na CIE zakonitostima.

3.2.1. Sustavi bazirani na psihološkim atributima boje

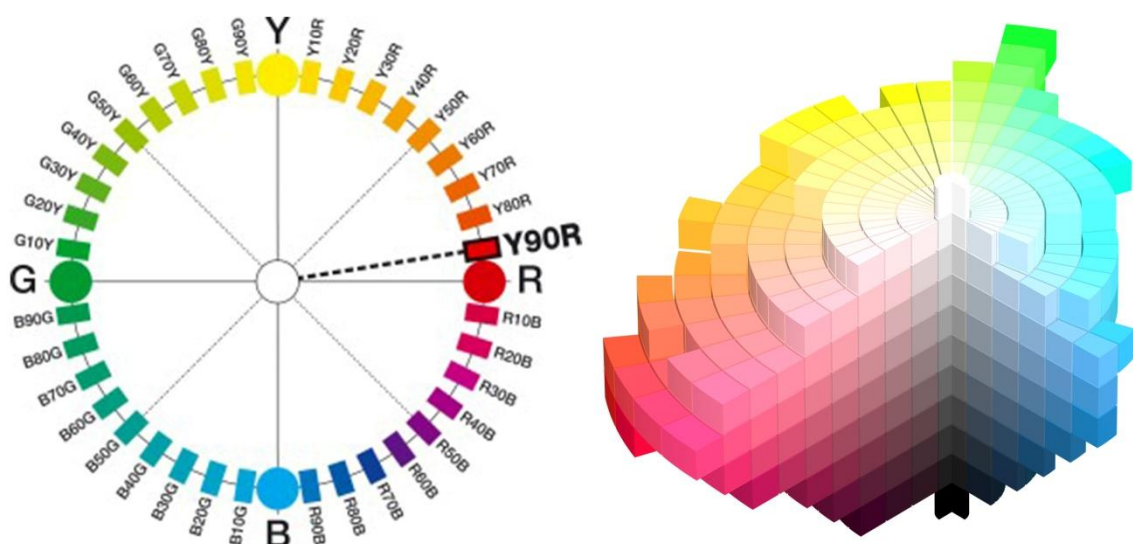
MUNSELLOV SUSTAV BOJA

Već spomenuti američki kipar Munsell, kreirao je trodimenzionalni sustav prikaza boja, tzv. Munsellovo stablo koje se smatra temeljem razvoja boja. To je prvi prikaz boje označen s tri vrijednosti, HUE (H) ton boje, VALUE (V)

svjetlina, CHROMA (C) zasićenost, odnosno čistoća boje. Sastoji se od serije karata boja sa obojenim poljima koje se koriste za vizualnu usporedbu sa ispitivanim uzorkom. Važno je spomenuti Munsell Book of Color - Atlas sa 1600 obojenih uzoraka, različitog tona zasićenja i svjetline.

NCS NATURAL COLOR SYSTEM

Primjenjuje se u području umjetnosti, dizajna i arhitekturi. Sustav se temelji na pretpostavci da čovjek percipira 6 osnovnih boja – crvenu, žutu, plavu, zelenu, crnu i bijelu, a sve ostale doživljavamo kao mješavinu navedenih boja . Postavljen je kao stožac.



Slika 4.: NCS (lijevo) i Munsselov (desno) sustav boja

(Izvor: Color Meanings; Wikipedia)

3.2.2. Sustavi bazirani na miješanju boje svijetla i pigmenata

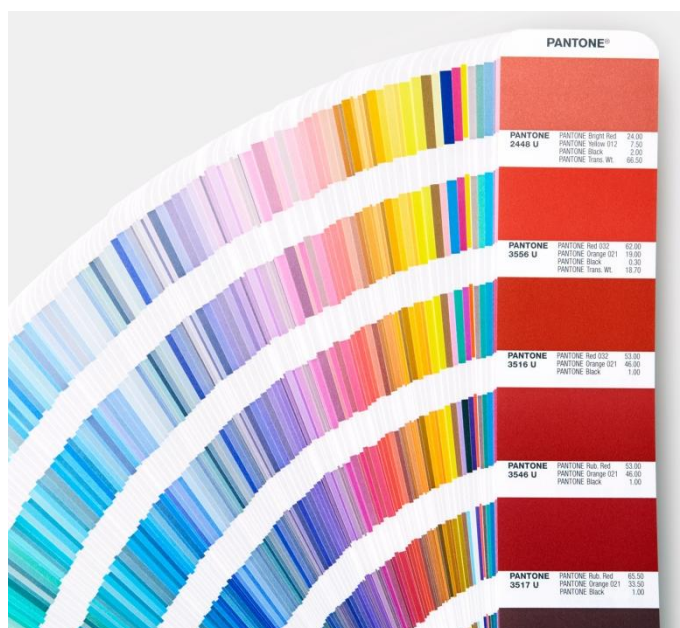
PANTONE

Drugi naziv (PMS) sustav, je profesionalni sustav, namijenjen industriji, arhitekturi, grafici i dizajnu. Boje su identificirane brojem koji je kod proizvođača

bojila dobiven određenim recepturama za traženi ton i namjenu. Katalog je lepezastog oblika s označenim brojem za svaku boju. Katalog sadrži 1114 obojenih uzoraka napravljenih iz 13+2 osnovnih pigmenata. SPOT boje u ofsetnom tisku koje se ne mogu dobiti korištenjem standardnih boja tiskaju se posebno, stoga ih treba predvidjeti i definirati posebno u pripremi.

OSTWALDOW SUSTAV

Sustav koji se smatra danas neupotrebljivim jer se tvrdnja da je udaljenost između komplementarnih boja jednaka pokazala, netočnom. Ovo se smatra intuitivnim modelom baziranim na aditivnoj sintezi.



Slika 5.: Pantone skala

(Izvor: Pantone)

3.2.3. Sustavi bazirani na CIE zakonitostima

CIE ili Commission Internationale de l'Eclairage (Međunarodna komisija za rasvjetu) je organizacija koja je odgovorna za internacionalne preporuke za fotometriju i kolorimetriju. Godine 1931., CIE je standardizirala svjetlosni izvor, standardnog promatrača i metodologiju koja se koristi za određivanje vrijednosti koje opisuju boju.

Izvori svjetlosti koji su standardizirani jesu:

- A - umjetno svjetlo (volframova žarulja)
- B - sunčevo svjetlo (podnevna rasvjeta)
- C - prosječno dnevno svjetlo
- D65 - prosječna dnevna rasvjeta
- D... izvedeni izvori svjetla)

Od 1931. do 1964. godine CIE komisija je radila na izradi koncepata standardnog promatrača, koji je osnova prosječne ljudske reakcije na valnu dužinu svjetlosti. Godine 1931. CIE je predstavila promatrača pod kutom od 2°. Kut promatranja je kolorimetrijski standard i predstavlja vidni kut pod kojim se boja promatra. Godine 1964. napravljeno je isto pod kutom od 10°, i rezultat je standard koji se naziva standardni promatrač 1964. Oba standarda su u praksi.

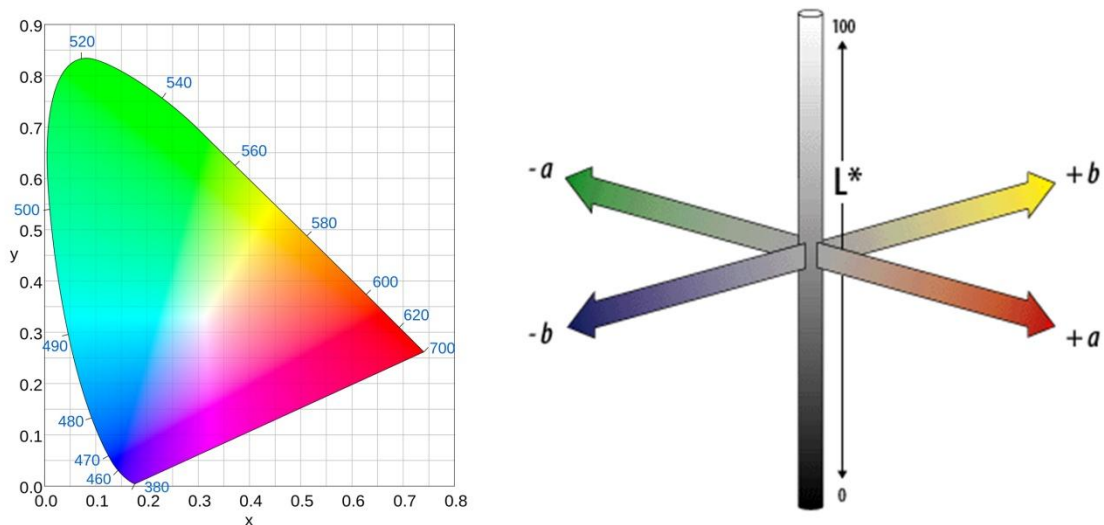
Ljudsko oko zahtjeva tri stvari da bi vidjelo boju: svjetlosni izvor, objekt i promatrača. Mjerni instrument za mjerenje boje prima boju na isti način kao i ljudsko oko - prikupljanjem i filtriranjem valnih dužina svjetlosti koja je reflektirana sa objekta.

CIE sustavi boja koriste koordinate da odrede boju u prostoru boja. CIE prostori jesu CIE xyz, CIE Lab i CIE LCh.

3.2.3.A CIE xyz

Lijevi dijagram na slici 4., prihvaćen je kao standardni način prikazivanja boja. Realne boje nalaze se unutar dijagrama i unose se u dijagram iz izračunatih vrijednosti kromatičnih koordinata x i y. Pomoću ovog dijagrama mogu se točno

definirati koordinate svakog područja boje. Zasićeni puni tonovi boja se nalaze u kutevima. Sve boje koje se nalaze u središnjem dijelu najbolje se reproduciraju u tisku. Nedostatci CIE dijagrama jesu da jednaka udaljenost u dijagramu ne odgovara jednakim vizualnim razlikama. Zatim ne pokazuje dovoljno precizno kako boja izgleda i nedostaje prikaz svjetline te položaj boje ovisi o izvoru rasvjete.



Slika 6.: CIE xyz (lijevo) i CIE Lab (desno)

(Izvor: Wolfcrow; dba.med.sc.edu)

3.2.3.B CIE Lab

Zbog navedenih nedostataka xyz sustava, godine 1976. CIE organizacija je standardizirala CIE Lab sustav kao najprihvatljiviji za brojčano vrednovanje boja. To je trodimenzionalni prostor boja temeljen na objektivnom vrednovanju boja i najbliži je vizualnoj percepciji. Nastao je proširenjem dotadašnjeg pristupa uvođenjem treće osi koja sadrži svjetlinu (luminance).

Način predstavljanja i uređenja boja u sustavu suprotnog tipa se pokazao kao veoma koristan i široko je prihvaćen. Pristup prati ideju da između oka i mozga, informacije i podaci koji putuju od receptora su opisani kao

tamno/svjetli, zeleno/crveni i žuto-plavi signali. Pretpostavlja se da boja ne može da bude istovremeno crveno-zelena ni žuto-plava. Dopusštene su kombinacije žuto-crvena, crveno-plava, plavo-zelena, zeleno-žuta.

U uniformnom CIE L*a*b* sustavu boja koordinate su definirane sa:

- L* - svjetlina
- a* - crveno-zelena koordinata (gdje a*+ označava crvenu i a*- označava zelenu boju)
- b* - žuto-plava koordinata (gdje b*+ označava žutu i b*- označava plavu boju)

Pregled koordinata daje desni prikaz na slici 4.

Kolorimetrijska razlika ΔE je razlika između dvije boje u CIE sustavu koja se definira kao euklidska razlika između koordinata za dva položaja boja (referentnog i uspoređivanog) - izračunava se kao srednja vrijednost razlika između L, a i b vrijednosti standarda (referentna vrijednost) i vrijednosti izmjerene na uzorku (uspoređivana vrijednost). Različite kolorimetrijske razlike jesu dobivene modificiranjem CIELAB jednadžbe za ΔE :

$$\Delta E^{*ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad [1]$$

Sa stajališta kontrole kvalitete u grafičkoj tehnologiji, kolorimetrijska razlika opisuje kvalitetu reprodukcije, odnosno pokazuje odstupanje reprodukcije od originala. Jednostavno ocjenjivanje odstupanja boja, može se provesti na osnovi vrijednosti kolorimetrijske razlike, prema *kriterijima*³:

- $\Delta E < 0,2$ razlika boja se ne vidi
- $\Delta E = (0,2 - 1)$ razlika boja se primjećuje
- $\Delta E = (1 - 3)$ razlika boja se vidi
- $\Delta E = (3 - 6)$ razlika boja se dobro vidi
- $\Delta E > 6$ očigledna odstupanja boja

³ Schläpfer, 1993

Iz gore navedenih razloga, u našem istraživanju baziramo se na CIE Lab sustav boja i navedenim kriterijima.

3.2.3.C CIE LCh

Dok CIE Lab koristi kartezijanski koordinatni sustav za predstavljanje boje u prostoru boja, CIE LCh koristi polarne koordinate. Ovo izražavanje boje izvedeno je iz CIE Lab sustava. L i dalje definira svjetlinu, C definira zasićenje, a h označava kut tona boje.

4. KOLORIMETRIJA

Etimološki, riječ kolorimetrija nastaje od latinske riječi *color*, što znači boja te grčke riječi *metrein*, što znači mjeriti.

Boja se ne može mjeriti. Nije sastav fizičkog svijeta već psihički doživljaj izazvan fizičkim podražajem (stimulusom). Ono što je mjerljivo je taj stimulus.

Kolorimetrija je grana nauke o boji koja se bavi brojčanim određivanjem boje u odnosu na vizualni podražaj. Mjerenje boje je bitno kod kontrola na tiskanim reprodukcijama. Mjerni uređaji su denzitometar, kolorimetar i spektrofotometar.

4.1. Denzitometar

Uređaj koji mjeri faktor refleksije ili transmisije, odnosno omjer između upadnog svjetla usmjerenog na uzorak i reflektiranog ili propuštenog svjetla koji dođe do fotoćelije u uređaju. Na osnovi dobivenih informacija, denzitometar izračunava optičku gustoću (D), izraženu u obliku logaritamskih vrijednosti. Optička gustoća matematički se definira kao logaritamska vrijednost opaciteta (neprozirnosti). Dakle, optička gustoća je stupanj do kojeg materijali apsorbiraju svjetlo. Što je više svjetla apsorbirano, tj. što je manja refleksija ili transparentija površine, optička gustoća je veća. Za razliku od spektrofotometara, denzitometri nemaju definirani izvor svjetla. Pri mjerenju boja koristi filtere (definiranih karakteristika) komplementarne bojama čije se gustoće mjere. Koriste se filteri boja aditivne sinteze.

4.2. Kolorimetar

Uređaj koji mjeri tristimulusne vrijednosti boja (na način sličan ljudskom doživljaju boja), u pravilu podešenom prema krivulji standardnog promatrača. Mjerenje boja kolorimetrom temelji se na uspoređivanju ispitivane boje s bojom nastalom u kolorimetru miješanjem osnovnih boja aditivne sinteze, prema Grassmanovim zakonima. Većina kolorimetara prikazuje vrijednosti u jednom od CIE prostora boja (XYZ, LAB ili LCh). Jedna od najvažnijih prednosti kolorimetra je da omogućava izračunavanje ΔE razlike boja, na temelju razlika u svjetlini, tonu i kromatičnosti. Glavni nedostatak kolorimetra je nemogućnost registriranja *metamernih boja*⁴. Oni su ograničeni na standardnog promatrača i na samo jedan standardni izvor svjetla (D50 ili D65), pa ne mogu provjeriti da li se dva različita uzorka boja vizualno poklapaju pod različitim izvorima svjetla.

⁴ dvije boje ostvaruju iste stimuluse pod određenim uvjetima, a različite kod nekih drugih

4.3. Spektrofotometar

Uređaj koji mjeri promjene u refleksiji, transmisiji ili zračenju, u intervalima, duž valnih dužina vidljivog dijela spektra. Kao rezultat mjerenja faktora refleksije ili transmisije u pojedinim valnim područjima (intervalima) dobiva se spektrofotometrijska krivulja. U grafičkoj industriji najčešće se koriste spektrofotometrijske krivulje u valnom području od 350 nm do 750 nm. Rad uređaja temelji se na rastavljanju bijelog svjetla na pojedinačne valne dužine (ili intervale valnih dužina) pomoću mono- kromatora. Kao monokromator koristi se prizma ili optička rešetka. Pojedinačnim valnim dužinama izdvojenim monokromatorom, osvjetljava se ispitivani uzorak boje i bijeli standard (najčešće magnezij-oksidi, MgO). Postupak se provodi redom s monokromatskim svjetlima duž čitavog spektra. Reflektirano svjetlo dolazi do fotoćelije, koja ih pretvara u električne impulse. Impulsi se dalje preračunavaju tako da se na skali mogu očitati faktor refleksije ili transmisije, pri određenoj valnoj dužini, u odnosu na bijeli standard. Kao grafički prikaz mjerenja dobije se spomenuta, spektrofotometrijska krivulja.

Suvremeni spektrofotometri sadrže informacije o CIE standardnom promatraču, krivuljama spektralne emisije za mnoge standardne izvore svjetla i mikroračunalo za izračunavanje CIE tristimulusnih vrijednosti. Na temelju CIE koordinata koje se mogu izračunati za boje pod različitim izvorima svjetla, može se predvidjeti koji će izvori svjetla dovesti do pojave metamerije.



Slika 7.: Mjerni uređaji

(s lijeva na desno: spektrofotometar, denzitometar i kolorimetar)

(Izvor: Revija Grafičar; Colorsys store Colorsys store)

5. PRAKTIČNI DIO

Jedan od razloga odabira ove teme je upravo mogućnost provedbe stvarnog istraživanja, odnosno pokušati provesti naučenu teoriju u praksu te doći do određenih samostalnih zaključaka.

Prije nego smo mogli bilo što mjeriti, bilo je potrebno prikupiti uzorke. Slijedili su tjedni prikupljanja omota ambalaže nekih od najvećih europskih i domaćih brandova. Izabrani europski brandovi jesu Milka i Coca-Cola, a od domaćih Cedevita, Juicy Vita, Dukat i Jana. Za svaki od brandova je prikupljeno minimalno 8 uzoraka.



Slika 8.: Prikupljeni uzorci ambalaže

(Izvor: vlastito)

Prilikom izrade seminarskog rada korištena je metoda mjerenja boja spektrofotometrom **exact** (*x-rite, Pantone*). Odabrali smo taj uređaj jer mjeri tri-stimulusne vrijednosti boja (na način sličan ljudskom doživljaju boja).

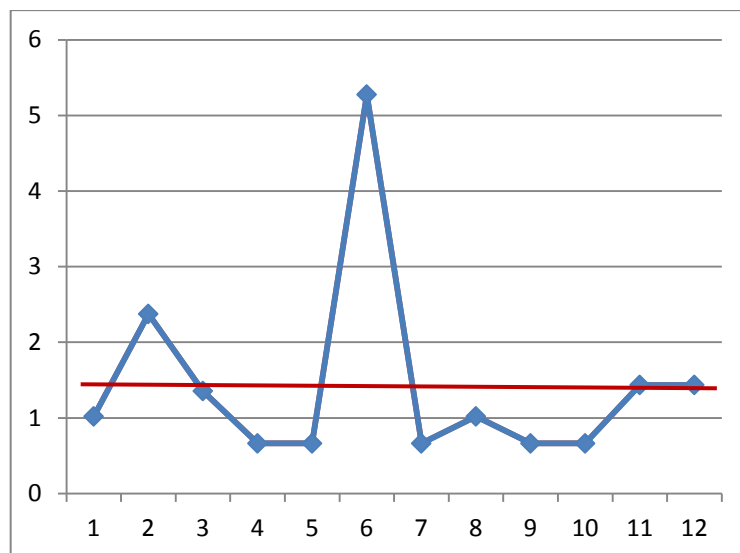
Prilikom mjerenja posebna pažnja obraćala se na to da se mjerenje uvijek izvodi na približno istom dijelu omota ambalaže. Nakon toga, potrebno je naći referentne vrijednosti (L^* , a^* , b^*) za određenu boju branda, ali kako te informacije nisu dostupne za sve brandove iz povjerljivih izvora, za referentne vrijednosti (standard) uzete su prosječne vrijednosti L^* , a^* i b^* .

Napominjemo da smo mogli mjeriti vrijednosti boja te odmah dobivati vrijednosti ΔE , ali smo to izbjegli kako bismo što bolje shvatili formulu za izračun kolorimetrijske razlike sa stranice 13.

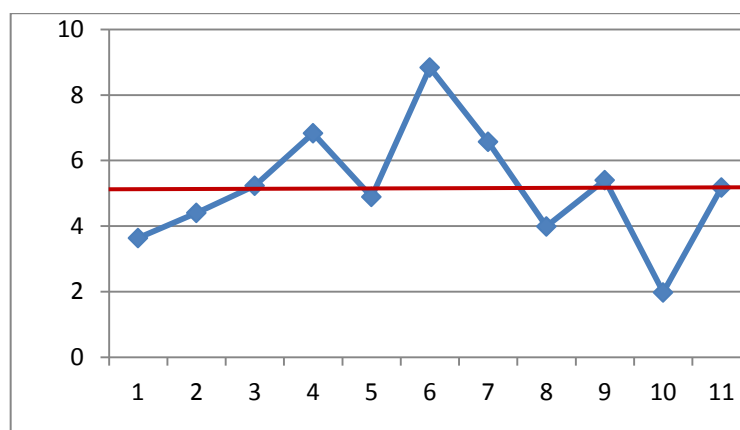
Relativno mali broj uzoraka po brandu (od 10 do 15) treba uzeti u obzir kada se gleda točnost i primjenjivost rezultata u stvarnosti, a tu se krije i razlog produbljivanja i još većeg interesa za ovu problematiku u budućnosti.

Nakon što smo prikupili uzorke, izmjerili smo vrijednosti L, a i b. Kada smo imali te vrijednosti, bilo je lako poštivajući formulu $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ izračunati kolorimetrijsku razliku ΔE .

Izmjerene vrijednosti kao i izračuni prikazani su za sve brandove na idućim stranicama. Iz rezultata možemo vidjeti da je prosječni ΔE za sva tri brenda iznimno visok. Treba uzeti u obzir navedene poteškoće pri mjerenju, ali bez obzira na to zaključak bi bio da brandovi mogu poraditi na kvaliteti reprodukcije boje na materijalima, odnosno trebali bi postrožiti unutarnju kontrolu kvalitete reprodukcije na različitim tiskovnim materijalima.



Grafikon 1.: najmanji ΔE (Cedevita)



Grafikon 2.: najveći ΔE (Jana)

Vizualni prikaz kolorimetrijskih odstupanja pokazuje na osi x – broj mjerenja, a na osi y – vrijednosti ΔE . Plava linija pokazuje vrijednost za svako pojedino mjerenje, a crvena linija pokazuje prosječnu vrijednost.

6. ZAKLJUČAK

Čovjek je vizualno biće, koje 80-90% informacija prima putem osjetila vida, a zatim 60% svojih odluka temelji na percepciji boje. Kada uzmemo u obzir te činjenice, uz rezultate ovog istraživanja možemo zaključiti da brendovi ipak mogu poraditi na reprodukciji boja na tiskovnim materijalima, ali i na kontroli kvalitete spomenutog. Odnosno, trebaju se smanjiti kolorimetrijska odstupanja koja su utvrđena objektivnim mjerenjem i opisivanjem boja u CIE Lab sustavu, kojeg smo izabrali upravo zbog toga jer je trodimenzionalni prostor boja temeljen na objektivnom vrednovanju boja i najbliži je vizualnoj percepciji čovjeka. Osim što smo iznijeli teorijske detalje o CIE Lab sustavu boja, isto je napravljeno i za sve ostale bitne sustave poput NSC sustava, Munsselovog, CIE xyz te CIE Lhc, a uz to upoznali smo sa vrstama mjernih uređaja i kratkom povijesti razvoja kolorimetrije.

Kolorimetrijska odstupanja trebaju biti manja iz razloga što zaštitna boja brenda izaziva emocije i asocijacije te izražava osobnost brenda, te pospješuju njegovu prepoznatljivost "brand awareness".

LITERATURA

Knjige:

1. Zjakić I., Milković M., Psihologija boja, Veleučilište u Varaždinu, Varaždin 2010.
2. Milković M., Mrvac N., Vusić D., Vizualna psihofizika i dizajn, Veleučilište u Varaždinu, Varaždin 2009.
3. Zjakić I., Upravljanje kvalitetom ofsetnog tiska, Zagreb 2007.
4. Parac – Osterman Đ., Osnove o boji i sustavi vrjednovanja, Zagreb 2007.
5. Abhay S., Understanding Color Management, United States 2004.
6. Milković M., Mrvac N., Kozina G., Informacijski sustavi za upravljanje bojama, Varaždin 2011.
7. Seminarski rad: Grbavac Jakobović A.: Sustavi boja i kolorimetrija, Ljubljana, 2013. 8.
8. Četić M.: Boja u digitalnom univerzumu, spec. dodatak

Internetske stranice:

9. repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/OSNOVE%20O%20BOJI.pdf
10. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Boja>
11. <http://proleksis.lzmk.hr/31870/>
12. <https://blog.waveapps.com/visual-brand-identity-design/>
13. <http://morgangreyblog.com/case-study/vaznost-boja-za-marketing/>
14. What is LAB Color Space? [HD], Rick Rys, 2012. (Youtube)
15. repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/KOLORIMETRIJSKA%20RAZLIKA.ppt
16. <http://eprints.grf.unizg.hr/1108/> (Lovrin, Maša (2010) Problemi u digitalnom tisku)
17. http://repro.grf.unizg.hr/media/download_gallery/R3-1-seminar.pdf